



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 44 27 090.9  
22 Anmeldetag: 30. 7. 94  
43 Offenlegungstag: 1. 2. 96

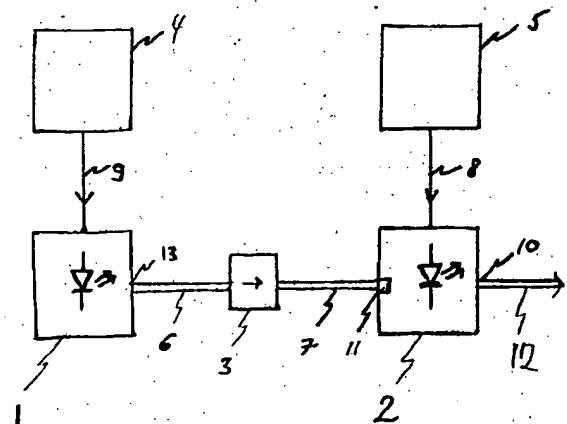
DE 44 27 090 A 1

71 Anmelder:  
Alcatel SEL AG, 70435 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Wedding, Berthold, Dr., 70825 Korntal-Münchingen,  
DE

54 Optische Sendeeinrichtung für frequenzmodulierte Signale

57 In optischen Übertragungssystemen, in denen reine FSK-modulierte optische Signale übertragen werden sollen, stellt die die FSK-Modulation begleitende unerwünschte Amplitudenmodulation eine Störung dar.  
Für ein solches optisches Übertragungssystem ist eine optische Sendeeinrichtung angegeben, bei der die unerwünschte Amplitudenmodulation im optischen Signal unterdrückt werden kann. Die optische Sendeeinrichtung hat zwei Laser (1, 2) und Koppelmittel (3, 6, 7, 11, 12, 21), durch die Licht des ersten Lasers (1) in den zweiten Laser (2) einkoppelbar ist. Außerdem hat die optische Sendeeinrichtung eine erste Steuereinrichtung (4), durch deren Signal das Licht des ersten Lasers (1) in seiner optischen Frequenz ( $\nu_1$ ) modulierbar ist, und eine zweite Steuereinrichtung (5), durch deren Signal das Licht des zweiten Lasers (2) in seiner Intensität einstellbar ist. Das am Ausgang (10) des zweiten Lasers (2) anstehende Licht hat die optische Frequenz ( $\nu_1$ ) des vom ersten Laser (1) ausgesendeten Lichts und die durch das Signal der zweiten Signalquelle (5) vorgegebene Amplitude.



DE 44 27 090 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine optische Sendeeinrichtung für frequenzmodulierte Signale.

Frequenzmodulierte optische Signale werden z. B. in einem aus EP-A-0 554 736 bekannten optischen Übertragungssystem übertragen. Dort wird ein FSK-moduliertes optisches Signal über einen bei der Betriebswellenlänge dispersionsbehafteten Lichtwellenleiter gesendet und einem auf den Intensitätsverlauf seines optischen Eingangssignal ansprechenden optischen Empfänger zugeführt.

Ein FSK-moduliertes optisches Signal, also ein in seiner optischen Frequenz umgestastetes optisches Signal (Frequency-Shift-Keying, FSK), wird z. B. dadurch erzeugt, daß ein Laser durch einen Strom mit geringem Modulationshub direkt moduliert wird. Bei dieser direkten Modulation des Lasers tritt neben der gewünschten Frequenzmodulation im optischen Signal eine zusätzliche, gegebenenfalls unerwünschte Amplitudenmodulation auf.

Ferner ist aus H. Burkhard et al: "Multigigabit-per-second standard-fiber transmission by injection-locked directly modulated lasers", Optical Fiber Communication OFC'94, 22. bis 25. Februar 1994, San Jose, Kalifornien, Technical Digest Volume 4 eine Einrichtung bekannt, die ein amplitudenmoduliertes optisches Signal aussendet. In Fig. 1 ist ein experimenteller Aufbau gezeigt, bei dem durch Injektion von Licht eines "master" Lasers in einen direkt modulierten "slave" Laser ein unerwünschter "chirp"-soweit reduziert werden kann, daß aus dem "slave" Laser nur amplitudenmoduliertes Licht austritt. Unter "chirp" ist die mit der Amplitudenmodulation einhergehende Frequenzmodulation zu verstehen. Dem "master" Laser wird dafür ein Gleichstrom zugeführt. Liegen die optischen Frequenzen beider Laser innerhalb eines festgelegten Bereiches, rastet die optische Frequenz des "slave" Lasers in die optische Frequenz des "master" Lasers ein. Dies ist allgemein als "Injection Locking" bekannt. Mit diesem Aufbau wird ein amplitudenmoduliertes optisches Signal ausgesendet. Ein frequenzmoduliertes optisches Signal tritt nicht auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine optische Sendeeinrichtung für frequenzmodulierte optische Signale anzugeben, bei der die unerwünschte Amplitudenmodulation im ausgesendeten optischen Signal deutlich reduziert ist. Eine die Aufgabe lösende optische Sendeeinrichtung ist Gegenstand des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein Vorteil der Erfindung ist, daß bei Verwendung der optischen Sendeeinrichtung in dem optischen Übertragungssystem gemäß EP-A-0 554 736, die Streckenlänge, über die ein optisches Signal hoher Bitfolgefrequenz übertragbar ist, gegenüber Systemen, die amplitudenmodulierte Signale übertragen, verlängert werden kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer optischen Sendeeinrichtung und

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer optischen Sendeeinrichtung.

In Fig. 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer optischen Sendeeinrichtung für frequenzmodulierte optische Signale gezeigt. Sie hat zwei Laser 1, 2, zwei Steuereinrichtungen 4, 5, zwei Verbindungsleitungen 8, 9, drei polarisationserhaltende Lichtwellenleiter 6, 7, 12, einen optischen Isolator 3 und eine Ankoppeleinrichtung 11. Die Laser 1, 2 sind z. B. DFB-Halbleiterlaser, die üblicherweise als komplettes Lasermodule erhältlich sind. Ein Lasermodule hat u. a. eine Stromregelung für den Laserstrom und eine Regelung für die Temperatur des Lasers. In einem Lasermodule ist ein Lichtwellenleiter an eine erste Stirnfläche des Lasers gekoppelt, so daß das vom Laser austretende Licht in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wird. An der dieser Stirnfläche gegenüberliegenden zweiten Stirnfläche tritt ebenfalls Licht aus, das von einer Monitordiode detektiert wird. Dadurch kann die optische Leistung des Laserlichts geregelt werden. In Fig. 1 ist ein Lichtwellenleiter, in den das an der ersten Stirnfläche des Lasers austretende Licht eingekoppelt wird, z. B. der am Ausgang 13 des ersten Lasers angeschlossene erste Lichtwellenleiter 6 oder der am Ausgang 10 des zweiten Lasers 2 angeschlossene dritte Lichtwellenleiter 12.

Das vom ersten Laser 1 ausgesendete Licht hat eine erste optische Frequenz  $\nu_1$  und das vom zweiten Laser 2 ausgesendete Licht hat eine zweite optische Frequenz  $\nu_2$ . Die Laser 1, 2 sind so gewählt, daß deren optische Frequenzen  $\nu_1, \nu_2$  innerhalb eines festgelegten Bereiches liegen; die optischen Frequenzen  $\nu_1, \nu_2$  können gleich oder eng benachbart (z. B. einige 10 GHz Differenz) sein, d. h.  $\nu_1 = \nu_2$  oder  $\nu_1 \approx \nu_2$ . Die optischen Frequenzen  $\nu_1, \nu_2$  können beispielsweise im Bereich um 1500 nm oder im Bereich um 1300 nm liegen.

Das vom ersten Laser 1 ausgesendete Licht wird über den ersten Lichtwellenleiter 6 dem optischen Isolator 3 zugeführt, der das Licht, das sich entgegen der Richtung des vom ersten Laser 1 ausgesendeten Lichts ausbreitet, sperrt. Vom optischen Isolator 3 ausgehend wird das vom ersten Laser 1 ausgesendete Licht über den zweiten Lichtwellenleiter 7 der Ankoppeleinrichtung 11 und damit dem zweiten Laser 2 zugeführt. Durch die Ankoppeleinrichtung 11 wird das vom ersten Laser 1 ausgesendete Licht in den zweiten Laser 2 eingekoppelt und zwar in dessen zweite Stirnfläche.

Damit das möglich ist, ist ein Lasermodule zu schaffen, das an Stelle der Monitordiode der Ankoppeleinrichtung 11 hat. Licht für die Monitordiode kann bei einem solchen Lasermodule z. B. aus dem zweiten Lichtwellenleiter 7 ausgekoppelt werden. Dadurch kann auch hier die optische Leistung des aus dem Laser austretenden Lichts geregelt werden. An den Laser 2 sind somit zwei Lichtwellenleiter 7, 12 gekoppelt.

Die erste Steuereinrichtung 4 ist über die erste Verbindungsleitung 9 mit dem ersten Laser 1 verbunden und die zweite Steuereinrichtung 5 ist über die zweite Verbindungsleitung 8 mit dem zweiten Laser 2 verbunden. Vorzugsweise liefert die erste Steuereinrichtung 4 einen durch ein Datensignal modulierten Strom, der dem ersten Laser 1 über die erste Verbindungsleitung 9 zugeführt wird, so daß das Licht des ersten Lasers 1 in seiner optischen Frequenz  $\nu_1$  moduliert ist. Der Betrag des Stroms, den die Steuereinrichtung 4 liefert, ist so gewählt, daß ein frequenzmoduliertes optisches Signal entsteht. Die Steuerung des ersten Lasers 1 erfolgt hier also gemäß einem Datensignal. Ist das Datensignal ein Digitalsignal erzeugt der erste Laser 1 als frequenzmoduliertes Signal ein FSK-moduliertes Licht, das wie bereits erwähnt eine unerwünschte Amplitudenmodulation haben kann. Dieses FSK-modulierte Licht wird über die Koppelmittel (3, 6, 7, 11) dem zweiten Laser 2 zugeführt.

Die zweite Steuereinrichtung 5 liefert vorzugsweise einen Gleichstrom, der dem zweiten Laser 2 über die zweite Verbindungsleitung 8 zugeführt wird. Dadurch,

daß der zweite Laser 2 durch einen Gleichstrom gesteuert wird, sendet der zweite Laser 2 Licht konstanter Intensität aus, d. h. die optische Leistung des ausgesendeten Lichts ist konstant. Der Betrag der Intensität ist durch den Betrag des Gleichstroms einstellbar.

Beide Steuereinrichtungen 4, 5 haben zum einen die Aufgabe, den jeweils an sie angeschlossenen Laser 1, 2 gemäß einem Signal (Datensignal, Gleichstrom) zu steuern, und zum anderen die optische Leistung des von den Lasern ausgesendeten Lichts auf einen vorgegebenen Wert zu regeln. Sie haben somit eine Steuer- und Regelfunktion.

Bedingt durch die Injektion von Licht (Injection Locking) folgt die zweite optische Frequenz  $\nu_2$  des vom zweiten Laser 2 ausgesendeten Lichts der ersten optischen Frequenz  $\nu_1$  des vom ersten Laser 1 ausgesendeten Lichts. Am Ausgang 10 des zweiten Lasers 2 tritt ein FSK-moduliertes Licht konstanter Intensität aus, dessen Frequenz durch den ersten Laser 1 geprägt ist, und dessen Intensität durch den zweiten Laser 2 vorgegeben ist. Diese optische Sendeeinrichtung sendet also ein FSK-moduliertes optisches Licht aus, bei dem die unerwünschte Amplitudenmodulation unterdrückt ist.

Ein zweites Ausführungsbeispiel der optischen Sendeeinrichtung ist in Fig. 2 gezeigt. Sie hat ebenfalls zwei Laser 1, 2, zwei Steuereinrichtungen 4, 5, Lichtwellenleiter 6, 7, 12 und einen optischen Isolator 3. Deren Funktionen und Wirkungsweisen wurden bereits in Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben, so daß an dieser Stelle auf eine Beschreibung verzichtet wird. Außerdem hat die optische Sendeeinrichtung in Fig. 2 einen Koppler 21, der drei Anschlüsse 22, 23, 24 hat, und einen vierten Lichtwellenleiter 27. Das vom ersten Laser 1 ausgesendete Licht wird über die Lichtwellenleiter 6, 7 und den optischen Isolator 3 dem zweiten Ausgang 24 des Kopplers 21 zugeführt. Am ersten Anschluß 23 tritt dieses Licht in den dritten Lichtwellenleiter 12 ein und wird somit dem Anschluß 10 des zweiten Lasers 2 zugeführt. In diesem dritten Lichtwellenleiter 12 breiten sich also zwei gegenläufige Lichtwellen aus, die sich gegenseitig nicht stören: Eine dem zweiten Laser 2 zugeführte und eine von ihm ausgesendete Lichtwelle, die am dritten Anschluß 22 dem vierten Lichtwellenleiter 27 zugeführt wird.

Vorteilhaft an diesem Ausführungsbeispiel ist, daß für den zweiten Laser 2 ein herkömmliches Lasermodule verwendet werden kann. Eine Ankoppeleinrichtung 11 wie in Fig. 1 ist nicht notwendig.

Auch in diesem zweiten Ausführungsbeispiel liefert die erste Steuereinrichtung 4 vorzugsweise einen durch ein Datensignal modulierten Strom und die zweite Steuereinrichtung 5 vorzugsweise einen Gleichstrom. Dadurch wird auch hier ein FSK-moduliertes optisches Signal konstanter Amplitude erzeugt, das am dritten Anschluß 22 des Kopplers 21 austritt.

Alternativ dazu gibt es eine weitere Möglichkeit für die Steuerung der Laser 1, 2 durch die Steuereinrichtungen 4, 5:

Die erste Steuereinrichtung 4 und die zweite Steuereinrichtung 5 liefern jeweils einen durch ein Datensignal modulierten Strom. Dadurch kann im ersten Laser 1 ein optisches Signal mit definierter Frequenzmodulation und im zweiten Laser 2 ein optisches Signal mit definierter Amplitudenmodulation erzeugt werden.

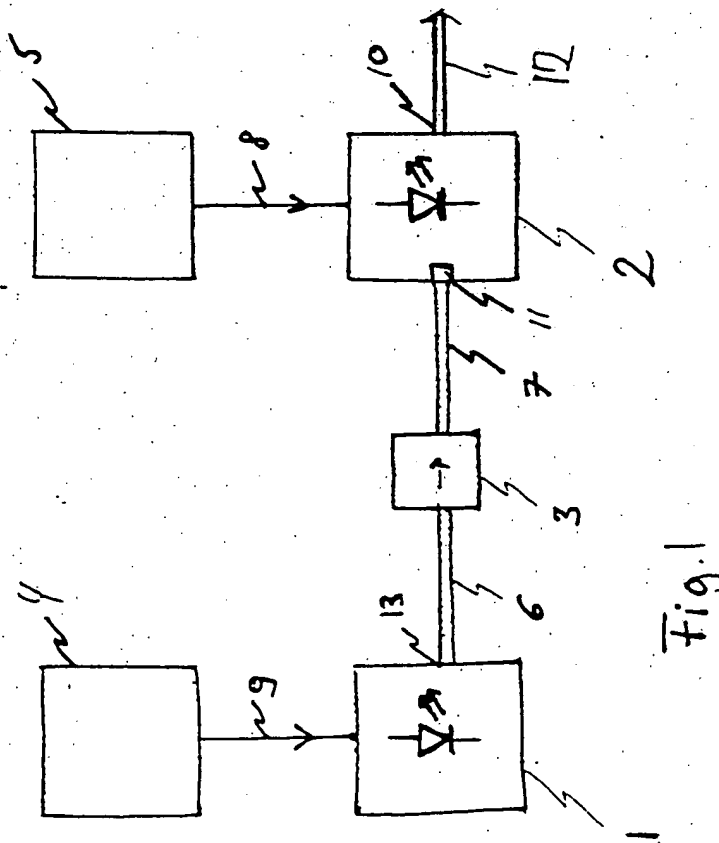
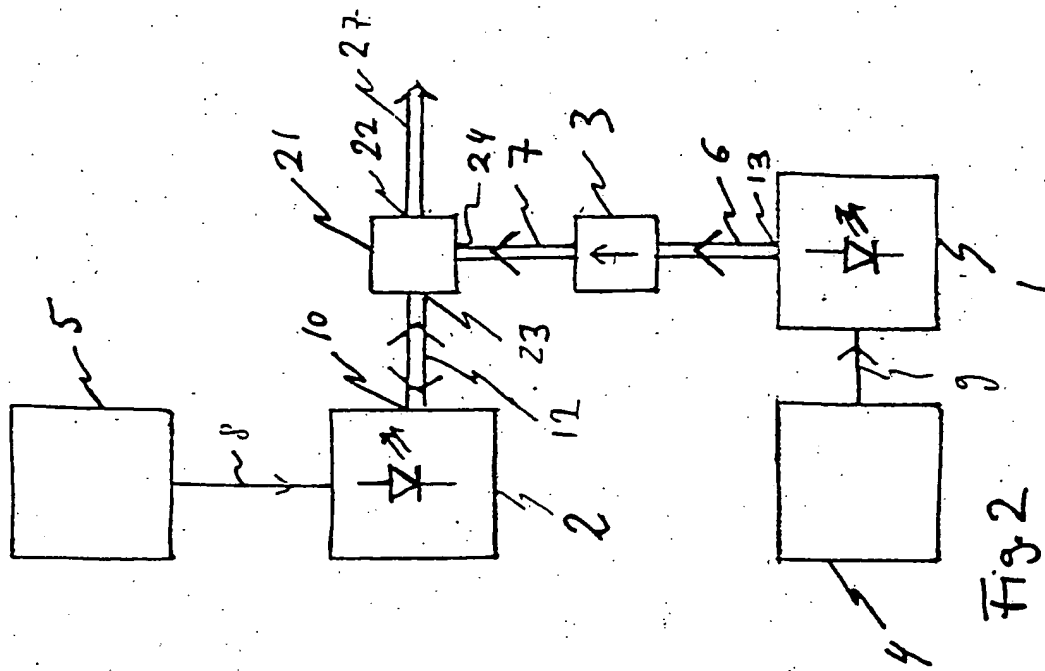
Die erste Steuereinrichtung 4 liefert dabei immer einen Strom, der den ersten Laser 1 so steuert, daß ein frequenzmoduliertes optisches Signal erzeugt wird. Dies geschieht, wie bereits erwähnt, durch einen Strom

mit geringem Modulationshub.

## Patentansprüche

- Optische Sendeeinrichtung für frequenzmodulierte optische Signale;
  - bei der zwei Laser (1, 2) und Koppelmittel (3, 6, 7, 11, 12, 21), durch die Licht des ersten Lasers (1) in den zweiten Laser (2) einkoppelbar ist, vorhanden sind,
  - bei der durch eine erste Steuereinrichtung (4) Licht des ersten Lasers (1) in seiner optischen Frequenz ( $\nu_1$ ) modulierbar ist,
  - bei der durch eine zweite Steuereinrichtung (5) Licht des zweiten Lasers (2) in seiner Intensität einstellbar ist, und
  - bei der Licht des zweiten Lasers (2) in seiner optischen Frequenz durch die optische Frequenz ( $\nu_1$ ) des vom ersten Laser (1) ausgesendeten Lichts geprägt ist.
- Optische Sendeeinrichtung nach Anspruch 1, bei der als Koppelmittel (3, 6, 7, 11) zwei Lichtwellenleiter (6, 7), ein optischer Isolator (3) und eine Ankoppeleinrichtung (11) vorgesehen sind, die so angeordnet sind, daß Licht des ersten Lasers (1) über die Lichtwellenleiter (6, 7), den optischen Isolator (3) und der Ankoppeleinrichtung (11) dem zweiten Laser (2) zuführbar ist (Fig. 1).
- Optische Sendeeinrichtung nach Anspruch 1, bei der als Koppelmittel (3, 6, 7, 12, 21) drei Lichtwellenleiter (6, 7, 12), ein optischer Isolator (3) und ein Koppler (21), der drei Anschlüsse (22, 23, 24) hat, vorgesehen sind, die so angeordnet sind, daß Licht des ersten Lasers (1) über die Lichtwellenleiter (6, 7) und den optischen Isolator (3) dem zweiten Anschluß (24) des Kopplers (21) zuführbar ist, bei der das Licht vom ersten Anschluß (23) des Kopplers (21) ausgehend über den dritten Lichtwellenleiter (12) dem Ausgang (10) des zweiten Lasers (2) zuführbar ist, und bei der das Licht des zweiten Lasers (2) über den dritten Lichtwellenleiter (12) dem Koppler (21) zuführbar ist, an dessen dritten Anschluß (22) es austritt (Fig. 2).
- Optische Sendeeinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, bei der die erste Steuereinrichtung (4) den ersten Laser (1) durch ein Datensignal steuert, und die zweite Steuereinrichtung (5) den zweiten Laser (2) durch einen Gleichstrom steuert.
- Optische Sendeeinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, bei der jede Steuereinrichtung (4, 5) den an sie angeschlossenen Laser (1, 2) durch ein Datensignal steuert.
- Optische Sendeeinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, bei der die Lichtwellenleiter (6, 7, 12) polarisationserhaltend sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



**Abstract of DE4427090**

The optical transmitter handles frequency modulated signals and employs two lasers (1,2) interconnected by a coupling arrangement (3) and optical conductors (6,7). Each laser has a separate control unit (4,5). One unit (4) provides optical frequency modulation of the output of the first laser, while the second unit is used to regulate the intensity of the second laser output which is then transmitted. The optical conductor (7) supplies the second laser via a coupling stage (11).